

ポーラスコンクリートの空隙率および結合材の垂れに及ぼす振動締固めの影響に関する実験的研究  
—ポーラスコンクリート仕上げ機を用いた検討—

ポーラスコンクリート コア供試体 実施工  
振動締固めエネルギー 結合材の垂れ 空隙率

正会員 ○河合 純<sup>\*1</sup>  
同 中川 武志<sup>\*2</sup>  
同 三島 直生<sup>\*3</sup>  
同 畑中 重光<sup>\*4</sup>

1. はじめに

ポーラスコンクリート(以下、POCと略記)とは、粗骨材と、粗骨材を連結するためのセメントペースト(または、少量の細骨材を含むモルタル)によって構成されるオコシ状のコンクリートである<sup>1)</sup>。連続的な空隙を有することにより、透水・排水性、動植物の許容性、軽量性など、普通コンクリートでは実現不可能であったような機能を備えることができ、環境共生型コンクリートとして幅広い利用が期待されている。

POCの実施工は、施工者の感覚や経験に基づいて行われる項目が多い。例えば、POCは敷均し後に締固めまたは仕上げを行うが、どの程度締固めを行えば設定した空隙率となるかは不明であり、施工者は過去の実績からその方法・程度を決定している。しかし締固めが不足すれば強度不足となり、逆に過度であれば、既往の研究<sup>2)</sup>でも明らかになっているように、結合材の垂れが発生し、スラブ底面の空隙の閉塞または上部の空隙率の増大など、POCの品質を低下させる場合がある。ただし、既往<sup>2)</sup>の研究で得られている知見のほとんどは標準円柱型枠を用いたものであり、壁効果の影響<sup>3)</sup>などにより、その知見を実施工のPOCスラブにそのまま適用できるかどうかは不明である。

そこで、本研究では、実施工を想定した、スラブ状の供試体を作製し、POCの調合(設計空隙率、フロー値)および締固めの程度が、空隙率の時間的変化および結合材の垂れに及ぼす影響を把握するための実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製方法

表1に本実験の要因と水準を、表2に本実験の調査表を示す。練混ぜは一軸強制パン型ミキサーを使用し、結合材ペーストの先練りにより結合材のフロー値を確認した後、粗骨材を投入しPOCを混練した。その後、POCを型枠(670×550×200mm)に一層で打ち込み、上部にPOC仕上げ機(写真1)を固定し、所定の時間(3, 12, 24sec)締固めを行った。翌日には型枠から脱型し、屋外暴露養生した。その後、各POCスラブ供試体から3本ずつコア供試体を採取した。

2.2 測定方法

空隙率の試験方法は、「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」(以下、質量法と称す)と「空気室圧力法を応用したポーラスコンクリートの空隙率測定方法」<sup>4)</sup>(以

下、容積圧力法と称す)に準拠した。また型枠底部を透明なアクリル板にすることで、下部からスラブ供試体の底面の結合材の垂れの様子をデジタルビデオカメラで撮影し、結合材と空隙の占める領域を2値化することで、結合材の面積率を算出した。

3. 実験結果

3.1 スラブ状供試体の底面の結合材の垂れ

図1に、フロー値および設計空隙率が底面の結合材の垂れに及ぼす影響を示す。図(a)に示す設計空隙率20%の条件では、フロー値230で振動締固めエネルギー9.9kN・m/m<sup>2</sup>の場合に、図(b)に示すフロー値190の条件では設計空隙率10%で振動締固めエネルギー4.9kN・m/m<sup>2</sup>以上の場合に極端な結合材の垂れが見られた。

表1 要因と水準

要因	水準
設計空隙率(%)	10, 20, 30
フロー値	150, 190, 230
締固め時間(sec)	0, 3, 12, 24

[注]下線を基準とする。以下その他の実験条件

- 粗骨材 : 単粒度砕石6号
- 水セメント比 : 35%
- スラブ厚さ : 200mm
- 練混ぜ : 一軸強制パン型ミキサー
- 締固め : POC仕上げ機

表2 調査表

C <sub>vr</sub> (%)	目標結合材フロー値	C(kg/m <sup>3</sup> )	P(kg/m <sup>3</sup> )	W(kg/m <sup>3</sup> )	G(kg/m <sup>3</sup> )
10	190	450	92	158	1496
	20	150	295	102	
20	190	309	77	108	
	230	352	0	123	
	190	185	31	65	
30	190	185	31	65	

[注]水セメント比: 0.35、

C<sub>vr</sub>: 設計空隙率、C: セメント、P: 石灰石微粉末、

W: 水、G: 粗骨材

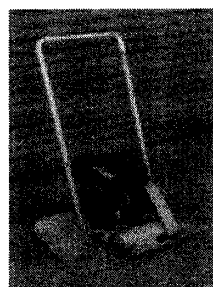


写真1 POC仕上げ機

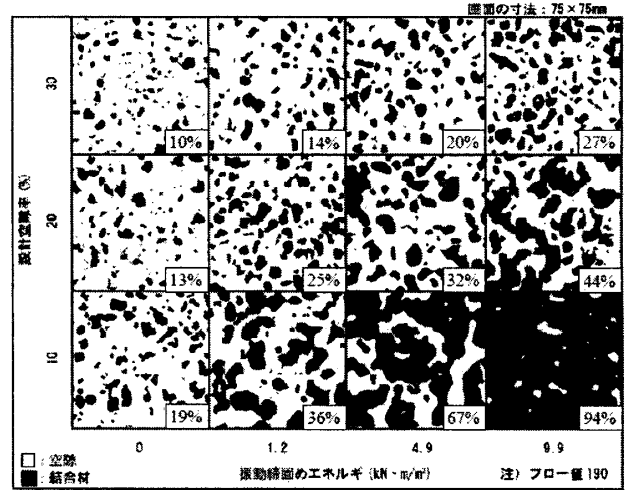
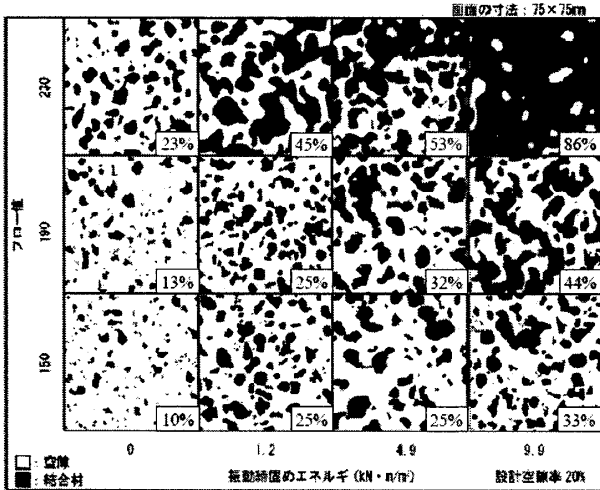
POC仕上げ機の諸元	
重量(kg)	46.2
振動数(Hz)	91.7
起振力(kN)	2.8
転圧盤(m)	0.58×0.26
振幅(m)	0.00018
自由走行速度(m/min)	5.11
単位時間当たりの振動締固めエネルギー	0.411(kN・m/m <sup>2</sup> )

[注]単位時間当たりの振動締固めエネルギーは既往の研究<sup>5)</sup>より算出

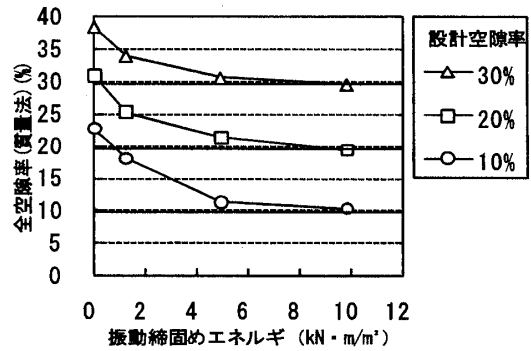
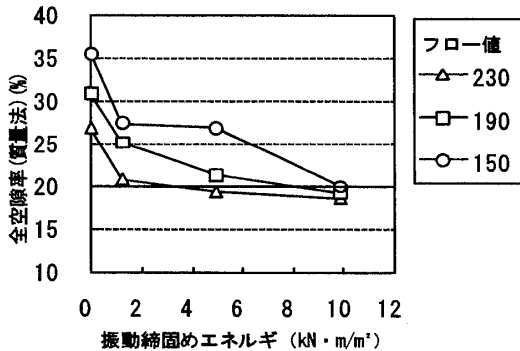
Experimental Study on Influence of Compaction on Void Ratio and Dripping of Binding Paste of Porous Concrete

-Compaction by the Finishing Machine of Porous Concrete-

KAWAI Jun, NAKAGAWA Takeshi, MISHIMA Naoki and HATANAKA Shigemitsu



(a) フロー値の影響(設計空隙率 20%) (b) 設計空隙率の影響(フロー値 190)  
図1 底面の結合材の垂れの様子



(a) フロー値の影響(設計空隙率 20%) (b) 設計空隙率の影響(フロー値 190)  
図2 全空隙率と振動締めエネルギーの関係

3.2 空隙率

図2に、フロー値および設計空隙率が全空隙率と振動締めエネルギーの関係に及ぼす影響を示す。同図より、結合材のフロー値が小さい供試体の方が締め固めに大きなエネルギーを要することが分かる。また設計空隙率による締め固めの挙動の違いはあまり見られず、どの設計空隙率も振動締めエネルギーが  $4.9\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$  ほどで設計空隙率近くまで締め固まった。

4. まとめ

本実験では、実施工におけるポーラスコンクリートの締め固め挙動を把握することを目的として実験を行った。その結果、調合条件および振動締めエネルギーが空隙率および結合材ペーストの垂れに及ぼす影響が明らかになった。しかし、これらの知見は限られた条件下で行った時のものであり、汎用性については今後検討していく必要がある。

- 1) 設計空隙率 10%、フロー値 190 の供試体と、設計空隙率 20%、フロー値 230 の供試体が約  $4.9\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$  (12 秒) の締め固めで結合材の垂れが顕著になり、 $8.2\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$  (20 秒) でほぼ全面に結合材の垂れが広がった。

- 2) 本実験の場合、フロー値 150 では振動締めエネルギー  $9.9\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ 、190 では  $4.9\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ 、230 では  $1.2\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$  で設計空隙率程度まで締め固まった。また、フロー値 190 であれば、設計空隙率に関係なく、 $4.9\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^2$  で設計空隙率程度に締め固まった。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、森鼻泰大氏(三重大学 工学研究科建築学専攻 修了生)の助力を得た。  
本研究費の一部は科学研究基補助金基盤研究(B)研究代表者(畑中重光)によった。付記にて謝意を表す。

【参考文献】

- 1) ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会: 同報告書: 日本コンクリート工学協会: 2003.5
- 2) 湯浅幸久, 宮本高秀, 三島直生, 畑中重光: ポーラスコンクリートの内部構造に及ぼす表面振動締めエネルギーの影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, pp.1263-1268, 2002
- 3) 越健, 古川浩司, 国枝稔, 六郷憲哲: せき板効果を取り除くことによるポーラスコンクリートの透水試験方法の改善, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp.157-162, 2001
- 4) 中川武志, 畑中重光, 三島直生, 湯浅幸久, 前川明弘: 空気室圧力法を応用したポーラスコンクリートの空隙率測定方法, 日本建築学構造系論文集, Vol.73, No.629, pp.1043-1050, 2008.6
- 5) 超硬練りコンクリート研究委員会報告書, (社)コンクリート工学協会, pp.147-168, 1998.6

\*1 三重大学 工学研究科建築学専攻 大学院生  
\*2 株式会社ファイナルマーケット・代表取締役社長・博士(工学)  
\*3 三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 准教授 博士(工学)  
\*4 三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 教授 工博

\*1 Undergraduate Student, Div. of Arch., Dept. of Eng., Mie Univ.  
\*2 Representative Director, Final Market Co. Ltd., Dr. Eng.  
\*4 Associ. Prof., Div. of Arch., Graduate School of Eng., Mie Univ., Dr. Eng.  
\*3 Prof., Div. of Arch., Graduate School of Eng., Mie Univ., Dr. Eng.